فصلنامه مدلسازی اقتصادی (سال پانزدهم، شماره ۲ «پیاپی ٥٤» تابستان ۱٤۰۰، صفحه‌های ٦٦-٤٧)

بهبود کارایی مصرف برق خانگی و اثر بازگشتی آن در ایران با لحاظ عدم تقارن در قیمت برق[1]

آذر علی‌دادی‌پور*، موسی خوشکلام خسروشاهی**

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۰٤/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۰۸/۱۱

چکیده

هدف این مقاله برآورد اندازه اثر بازگشتی مستقیم مربوط به مصرف برق در بخش خانگی ایران با لحاظ عدم تقارن در قیمت برق با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی است. برای این منظور و با توجه به تفکیک قیمت برق مبتنی بر مطالعه دارگی و گیتلی (۱۹۹۵) از داده‌های سالیانه برای دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳٤۷ و برآورد کشش تقاضای برق بهره گرفته شده است. نتایج نشان داد اول، بهبود کارایی مصرف برق خانگی دارای اثر بازگشتی است و دوم، اثر بازگشتی در بخش خانگی برابر با ٤۳ درصد است؛ یعنی، با افزایش ۱۰ درصدی تکنولوژی لوازم و تجهیزات خانگی، ٤/۳ درصد از ذخیره انتظاری ناشی از بهبود کارایی مصرف برق رخ نداده و این میزان در قالب اثر بازگشتی پدیدار شده و صرفاً ۵/۷ درصد از ذخیره انتظاری در مصرف برق تحقق یافته است. با توجه به یافته‌ها پیشنهاد می‌شود که سیاست‌گذاران اقتصادی با برآورد دقیق اثر بازگشتی، ضمن رسیدن به هدف صرفه‌جویی مصرف برق از اتلاف منابع نیز جلوگیری کنند.

طبقه‌بندی JEL: Q42 ،C13 ،D61.

واژه‌های کلیدی: اثر بازگشتی، برق بخش خانگی، کارایی انرژی، قیمت برق، اقتصاد ایران.

---

[1] این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد آذر علی‌دادی‌پور با راهنمایی دکتر موسی خوشکلام خسروشاهی بوده و در دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی دانشگاه الزهرا (س) اجرا شده است.

* کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران، پست الکترونیکی:
azar.alidadipour@gmail.com

**استادیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران، پست الکترونیکی:
m.khosroshahi@alzahra.ac.ir

۱. مقدمه

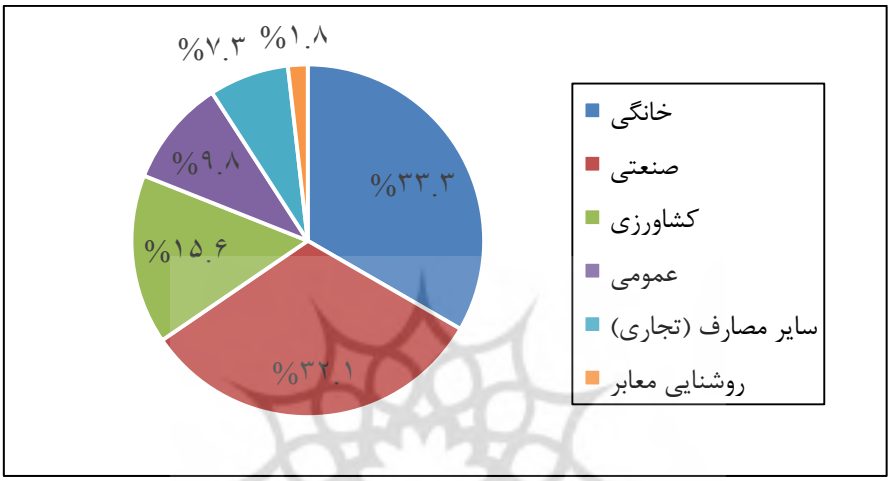
انرژی نقش مهمی در پیشرفت‌های اقتصادی، انسانی و اجتماعی بازی کرده و یکی از عوامل اساسی برای دست‌یابی به توسعه پایدار، خاصّه در کشورهای در حال توسعه است (ابراهیم[1]، ۲۰۱۵). با توجه به روند روبه رشد رفاه در سطح جهانی، تقاضای انرژی به ویژه برق نیز افزایش یافته است. با توجه به چشم‌انداز آینده، انرژی برق از جمله پاک‌ترین سوخت‌ها شمرده می‌شود که اقتصاد جهانی وابسته به تأمین آن خواهد بود؛ به طوری که تقریبا دو سوم رشد مصرف انرژی در جهان به تولید برق مرتبط است. پیش‌بینی می‌شود که در سال ۲۰۳۵، سهم برق از سبد انرژی در سطح جهان به ۴۷ درصد افزایش یابد (در سال ۲۰۱۵ این سهم معادل با ۴۲ درصد بوده است)؛ این روند افزایشی سهم برق نشان می‌دهد. اولویت مصرف انرژی به سمت برق به عنوان سوختی پاک، گرایش دارد (کریمی، ۱۳۹۶). در مجموع، روند افزایشی تکنولوژی، تولید صنعتی، گسترش شهرنشینی و افزایش سطح رفاه عمومی، تقاضا برای برق را افزایش داده است (لین و اسمیت[2]، ۲۰۱۰). فرایند شهرنشینی همراه با تغییر سبک زندگی باعث می‌شود برق به تدریج جایگزین انرژی‌های سنتی به عنوان شکل اصلی مصرف انرژی شود (جانگ و لینگ[3]، ۲۰۲۰).

صنعت برق به عنوان صنعتی زیرساختی در ایران با معضلات متعددی مواجه بوده که یکی از مهم‌ترین آنها رشد بالای مصرف برق است (اسدی و آئین، ۱۳۹۷). طبق آمارهای رسمی کشور، مصرف برق طی سه دهه گذشته خصوصاً در بخش خانگی افزایش یافته است به گونه‌ای که بخش خانگی سهم بیشتری را نسبت به سایر بخش‌ها در کل مصرف انرژی به خود اختصاص داده است (نقیبی و خدابخش: ۱۳۹۵).

بررسی مصرف برق در سال ۱۳۹۶ نشان داد بخش‌های خانگی، صنعتی، کشاورزی، عمومی، سایر مصارف (تجاری) و روشنایی معابر به ترتیب سهمی معادل با ۳۳/۳، ۳۲/۱، ۱۵/۶، ۹/۸، ۷/۳، ۱/۸ درصد از کل مصرف برق را به خود اختصاص داده‌اند. بر اساس نمودار

[1] Ibrahiem
[2] Lean & Smyth
[3] Gang & Ling

(۱) بخش خانگی (مسکونی) بالاترین سهم مصرف برق را در سال ۱۳۹۶ داشته است. تحلیل این میزان مصرف، حاکی از اهمیت انرژی برق در ایران است.



نمودار ۱. سهم بخش‌های مختلف از مصرف برق در سال ۱۳۹۶ (درصد)

منبع: گزارش وزارت نیرو (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۶).

بهبود کارایی مصرف برق یکی از راه‌های مهم صرفه‌جویی در مصرف برق است؛ اما این بهبود لزوماً به معنای برخورداری از مزیت نیست؛ زیرا ممکن است بر خلاف انتظاری که در مورد بهبود کارایی برق وجود دارد؛ «اثر بازگشتی»[1] تمام یا بخشی از صرفه‌جویی در مصرف برق را خنثی کند؛ بنابراین، توجه به پدیده «اثر بازگشتی» برجسته تلقی می‌شود. اثر بازگشتی نشان می‌دهد که بهبود کارایی در مصرف برق ممکن است لزوما سبب تحقق صرفه‌جویی در مصرف نشود. مجرای اثرگذاری بهبود کارایی بر مصرف برق از راه کاهش قیمت موثر انرژی خواهد بود (دنگ، لی، پنگ و هان،[2] ۲۰۱۸).

[1] Rebound Effect
[2] Deng, Li, Peng & Han

هدف این مقاله، بررسی وجود یا نبودن اثر بازگشتی مستقیم[1] و اندازه‌گیری مقدار اثر بازگشتی مستقیم (در صورت وجود آن) ناشی از بهبود کارایی در مصرف برق بخش خانگی ایران با لحاظ عدم تقارن در قیمت برق است. از این‌رو، سوال کلیدی این است که آیا تأثیر قیمت برق، بر مصرف برق در بخش خانگی ایران نامتقارن است؟ به عبارت دیگر، آیا واکنش مصرف برق خانگی به افزایش و کاهش در قیمت برق یکسان است؟

تاکنون مطالعات متعددی در خصوص عوامل مؤثر بر تقاضای برق خانگی و تخمین اثر بازگشتی ناشی از بهبود کارایی انرژی در بخش خانگی ایران صورت گرفته است؛ اما با توجه به اینکه ممکن است مصرف‌کنندگان بخش خانگی نسبت به تغییرات قیمت برق واکنش متقارنی نداشته باشند، تاکنون مطالعه‌ای در خصوص برآورد اثر بازگشتی مستقیم برق با لحاظ کردن این عدم تقارن صورت نگرفته است. بنابراین، نوآوری این پژوهش تجزیه قیمت برق برای لحاظ کردن عدم تقارن قیمت برق در برآورد اثر بازگشتی است.

سازماندهی مقاله بدین صورت است که بعد از مقدمه، چارچوب نظری مربوط به اثر بازگشتی ارائه شده است؛ در بخش سوم، ادبیات تجربی و روش تحقیق بیان شده است. در بخش چهارم، یافته‌ها عرضه می‌شود. در بخش پایانی مقاله نیز اعتبارسنجی مدل و جمع‌بندی می‌گیرد.

۲. مروری بر ادبیات پژوهش

۲-۱. مبانی نظری

بحث در مورد بهبود کارایی انرژی (EEI)[2] به طور طبیعی با اثر بازگشتی مرتبط است (جین،[3] ۲۰۰۷). اثر بازگشتی از آنجا ناشی می‌شود که چگونه خانوارها به آسانی نسبت به تغییرات قیمت مؤثر خدمت انرژی واکنش نشان می‌دهند یا درآمد خود را بازتوزیع می‌کنند (سیباور، ۲۰۱۸)[4]. اثر بازگشتی پدیده‌ای در ارتباط با مصرف انرژی بوده و اظهار می‌کند که از آنجا که در رفتار عوامل اقتصادی تعدیل صورت می‌گیرد، کاهش واقعی در مصرف انرژی کم‌تر از

[1] Direct Rebound Effect
[2] Energy Efficiency Improvement
[3] Jin
[4] Seebaure

کاهش پیش‌بینی شده منبعث از بهبود کارایی انرژی است (وی و لیو،[1] ۲۰۱۷). به عبارت دیگر، افزایش کارایی انرژی باعث کاهش قیمت مؤثر خدمت انرژی می‌شود و از این‌رو، ممکن است منجر به افزایش مصرف آن خدمت شود؛ بنابراین، این واکنش مصرف‌کننده تقریبا یا کاملا ممکن است کاهش میزان پیش‌بینی شده در مصرف انرژی ناشی از بهبود کارایی انرژی را جبران کند (اوره، لیورکا و فیلیپینی[2]، ۲۰۱۵).

در اقتصاد انرژی، مفهوم اثر بازگشتی به ویلیام استنلی جونز (۱۸۶۵)[3] برمی‌گردد و بعد از یک قرن فراموشی، اکنون کاربرد دارد (امجدی، لاندگرن و پرسون،[4] ۲۰۱۸). اثرات بازگشتی با کمک معادله (۱) قابل اندازه‌گیری است.

$$\mathrm{RE} = \left(\frac{EX - \mathrm{AC}}{EX}\right) \times 100\% \qquad (۱)$$

که در آن، RE اثر بازگشتی، EX ذخیره قابل انتظار انرژی ناشی از بهبود کارایی[5] و AC «ذخیره واقعی انرژی»[6] ناشی از بهبود کارایی هستند (وانگ، لو و وانگ،[7] ۲۰۱۴). گرینینگ، گرین و دیفیگلیو (۲۰۰۰)[8] اثر بازگشتی را به مستقیم و غیرمستقیم دسته‌بندی کرده‌اند. مجموع اثر بازگشتی مستقیم و غیرمستقیم، «اثر بازگشتی کل اقتصاد»[9] نامیده می‌شود (خوشکلام خسروشاهی و مهدوی، ۱۳۹۷).

اثر بازگشتی مستقیم

بر اساس خدمت انرژی واحد یا خدمت انرژی یک بخش، تعاریف گوناگون متداولی از اثر بازگشتی مستقیم ارائه شده است که همواره شامل یک خدمت انرژی واحد یا خدمت انرژی یک بخش است (وانگ و همکاران، ۲۰۱۴). سورل و دیمیتروپولس[10] (۲۰۰۸) در پژوهش خود

---

[1] Wei and Liu
[2] Orea, Llorca & Filippini
[3] William Stanley Jevons
[4] Amjadi, Lundgren & Persson
[5] Expected Energy Saving
[6] Actual Energy Saving
[7] Wang, Lu & Wang
[8] Greening, Greene and Difiglio
[9] Economy-Wide Rebound Effect
[10] Sorrell & Dimitropoulos

اظهار کرده‌اند که اثر بازگشتی مستقیم را می‌توان بی‌واسطه در مطالعات شبه‌آزمایشی یا تجزیه و تحلیل‌های اقتصادسنجی بررسی کرد. هم‌چنین، ایشان بر این باورند که بهبود کارایی انرژی برای یک خدمت انرژی خاص باعث کاهش قیمت مؤثر آن خدمت می‌شود و بنابراین باید منجر به افزایش مصرف آن خدمت شود. این امر می‌تواند کاهش مصرف انرژی را از طریق بهبود کارایی جبران کند. به عبارت دیگر، از راه بررسی اثر بازگشتی مستقیم می‌توان میزان افزایش استفاده از محصول یا خدمتی که بهبود کارایی را تجربه کرده، اندازه‌گیری کرد.

رابطه اثر بازگشتی با کارایی انرژی

تقاضا برای انرژی (E) از تقاضا برای خدمات انرژی (ES) [1] ناشی می‌شود. این خدمات، از طریق ترکیبی از کالاهای مصرف‌کننده انرژی و سیستم‌های انرژی مرتبط (مانند دستگاه‌های تبدیل انرژی) تولید می‌شوند. فرض بر این است که مطلوبیتی که مصرف‌کنندگان از کالاهای مصرفی (کالاهای انرژی‌بر و سایر کالاها) به دست می‌آورند؛ ناشی از خدماتی است که این کالاها ارائه می‌دهند؛ نه مصرف مستقیم کالاهای انرژی‌بر و سایر کالاهای بازار. می‌توان گفت که در عمل تقریبا همه خدمات به نوعی به انرژی نیاز دارند؛ ویژگی اساسی یک خدمت انرژی، کار مفیدی (S) است که از آن به دست می‌آید. از طرف دیگر، می‌توان گفت که خدمات انرژی نیز دارای ویژگی‌ها و خواص وسیع‌تری (A) هستند که با کار مفید از طریق روش‌های مختلفی ترکیب می‌شوند؛ به عنوان مثال، همه اتومبیل‌ها با طی کردن مسافتی، خدمتی (مثلا جابه‌جایی مسافر) را انجام می‌دهند؛ اما از نظر ویژگی‌هایی مانند سرعت، راحتی و غیره ممکن است با هم متفاوت باشند. ترکیبی از کار مفید (S) با این خواص گسترده (A) خدمت کاملی از انرژی را ارائه می‌دهد: $ES=es(A,S)$.

اثر بازگشتی به عنوان کشش کارایی

در یک سیستم انرژی، کارایی انرژی (ε) به صورت $\varepsilon = \frac{S}{E}$ تعریف می‌شود که در آن E نهاده انرژی مورد نیاز برای تولید یک واحد کار مفید (S) را نشان می‌دهد. از طرف دیگر، هزینه

[1] Energy Service

انرژی کار مفید (P_S) که برخی اوقات، «قیمت مؤثر انرژی[1]» نیز نامیده می‌شود؛ توسط رابطه $P_S = \frac{P_E}{\varepsilon}$ بیان می‌شود که در آن P_E قیمت هر واحد انرژی (مانند ریال/کیلو وات ساعت) را نشان می‌دهد. P_S یکی از اجزای هزینه‌های کل کار مفید (P_G) است. سایر اجزای آن شامل هزینه‌های زمانی، هزینه‌های تامین و نگهداری، هزینه‌های سرمایه سالیانه و... است (خوشکلام خسروشاهی و مهدوی، ۱۳۹۷). با انجام محاسبات، رابطه (۲) به دست می‌آید.

$$\eta_\varepsilon(E) = \eta_\varepsilon(S) - 1 \qquad (۲)$$

نتایج مطالعه برخوت، ماسکنز و ولتوجسن،[2] (۲۰۰۰ به نقل از سورل و دیمیتروپولس، ۲۰۰۸) نشان داد یک معیار مستقیم از اثرات بازگشتی، کشش کارایی تقاضا برای کار مفید است: $\eta_\varepsilon(S)$.

اثر بازگشتی به عنوان کشش قیمتی تقاضا برای کار مفید

قیمت کار مفید به صورت رابطه $P_S = \frac{P_E}{\varepsilon}$ تعریف می‌شود. در صورت ثابت بودن سایر شرایط، با تحت تأثیر قرار گرفتن هزینه کل، تقاضای کار مفید (S) متقارن خواهد شد. در صورت ثابت نگه داشتن سایر نهاده‌ها، تقاضا برای کار مفید به صورت $S = s(\frac{P_E}{\varepsilon})$ بیان می‌شود که تابعی از قیمت‌های انرژی و کارایی انرژی است. تقاضا برای انرژی نیز به صورت $E = s(\frac{P_E}{E})/\varepsilon$ می‌باشد. با فرض برون‌زا بودن قیمت‌های انرژی (یعنی P_E به ε وابسته نیست) و هم‌چنین، با لحاظ کارایی انرژی، معادله (۳) تعریف می‌شود (سورل و دیمیتروپولس، ۲۰۰۸):

$$\eta_\varepsilon(E) = -\eta_{P_S}(S) - 1 \qquad (۳)$$

اثر بازگشتی به عنوان کشش قیمتی تقاضا برای انرژی

مطالعات تجربی مبتنی بر معادله (۳) به اندازه‌گیری‌هایی دقیق از هزینه انرژی برای کار مفید (P_S) و تقاضا برای کار مفید (s) نیازمند است که این امر، خود، به کارایی انرژی در هر سیستم

[1] Effective Energy Price
[2] Berkhout, Muskens & Velthuijsen

انرژی و قیمت کالاهای انرژی بستگی دارد. می‌توان بر اساس کشش قیمتی تقاضای انرژی، تعریف دیگری از اثر بازگشتی به صورت معادله (٤) عرضه کرد.

$$\eta_{\varepsilon}(\mathrm{E}) = -\eta_{\mathrm{P_E}}(\mathrm{E}) - 1 \qquad (٤)$$

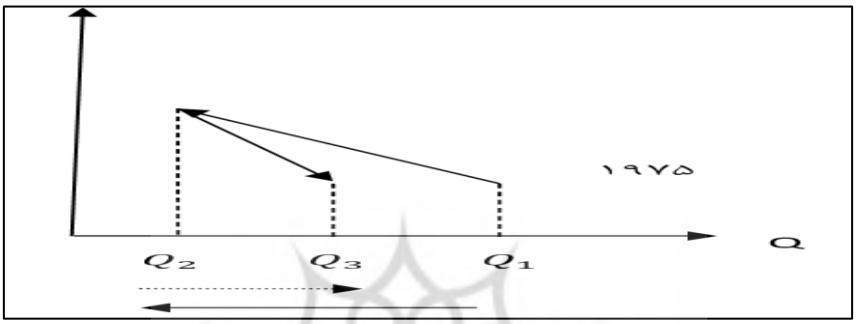
معادله (٤) از تعریف خازوم[1] اقتباس شده که پیش از این، ویرل[2](۱۹۹۷) در تحلیل کارایی انرژی، آن را به کار برده است که در آن، $-\eta_{\mathrm{P_E}}(E)$ کشش قیمتی تقاضای انرژی است. در معادله (٤)، (١-) نشان‌دهنده پتانسیل صرفه‌جویی انرژی است. از آن‌جا که RE و کشش قیمتی بسیار به هم نزدیک هستند، برآورد میزان کشش قیمتی، نزدیک‌ترین نشانه‌های تجربی ممکن از اندازه RE را ارائه می‌دهد (برخوت و همکاران، ۲۰۰۰). معادله (٤) مبتنی بر دو فرض اصلی است؛ ۱) پاسخ به کاهش قیمت انرژی همان پاسخ مربوط به کارایی انرژی است که این به عنوان فرض تقارن شناخته می‌شود؛ ۲) فرض دوم که «فرض برون‌زایی[3]» نامیده می‌شود؛ بر این دارد که کارایی انرژی تحت تأثیر تغییرات قیمت انرژی قرار نمی‌گیرد (فریر- گونزالز[4]، ۲۰۱۷).

برگشت‌ناپذیری تابع تقاضا (تقاضای برق)

وجود رابطه عدم تقارن یا برگشت‌ناپذیری تابع تقاضا، به این معناست که شدت تغییر ایجاد شده در مقدار تقاضا، در مقابل افزایش قیمت برق به اندازه کاهش آن نیست. نمودار (۲) نشان‌دهنده مفهوم برگشت‌ناپذیری (عدم تقارن) تقاضای برق است. بر اساس نمودار (۲)، به عنوان مثال، فرض کنید در سال ۱۹۷۵ مقدار تقاضای برق در سطح (Q_1) بوده است. افزایش قیمت، طی دوره ۱۹۸۳-۱۹۷٦ سبب کاهش تقاضای برق به سطح (Q_2) می‌شود. از سال ۱۹۸٤ به بعد، قیمت برق به تدریج کاهش می‌یابد؛ اما از میزان افزایشی که در تقاضا ایجاد می‌شود، کم‌تر است. با کاهش یافتن قیمت، فقط قسمت کمی از تقاضا کاهش می‌یابد و در نتیجه، طی دوره ۱۹۸۳-۱۹۷٦ افزایش قیمت‌ها جبران می‌شود؛ در این حالت به جای این که مقدار تقاضا

[1] Khazzoom
[2] Wirl
[3] Exogenous assumption
[4] Freire – Gonzalez

به حالت اولیه (Q_1) برگردد، در سطح (Q_3) محدود می‌شود. در صورتی که تقاضای برق نسبت به قیمت آن، کاملا برگشت‌پذیر بوده و می‌بایست مقدار تقاضا دوباره به سطح (Q_1) بر می‌گشت.



نمودار ۲. رابطه برگشت‌ناپذیر قیمت و تقاضای برق

منبع: تقوی‌نژاد (۱۳۸۱)

۲-۲. ادبیات تجربی

در زمینه اثرات بازگشتی چه در خارج از کشور و چه در داخل مطالعات متعددی انجام شده است که از حیث نوع انرژی، روش‌شناسی و کشورهای مورد بررسی و غیره متفاوت هستند. در جدول (۱) مروری بر برخی از مهمترین مطالعات خارجی و داخلی مرتبط با موضوع مقاله حاضر شده است. در ادامه به اهمّ مطالعات تجربی پرداخته می‌شود.

جدول ۱. مرور برخی مطالعات داخلی و خارجی انجام شده مرتبط با تحقیق

نویسنده	موضوع	روش شناسی و نتایج
جین (۲۰۰۷)	مصرف برق مسکونی در کره	با استفاده از روش اقتصاد سنجی و برای دوره۲۰۰۰-۱۹۷۵ نتایج نشان داد در سطح کلان اثربازگشتی در بلند مدت و کوتاه مدت ۳۰درصد و ۳۸درصد است و در سطح خرد اثر بازگشتی سیستم‌های تهویه ۷۰-۵۷ درصد است.

نویسنده	موضوع	روش شناسی و نتایج
وانگ و همکاران (۲۰۱٤)	برق مسکونی شهری در چین	با استفاده از مدل تصحیح خطای پنلی اثر بازگشتی بلندمدت ۷٤ درصد و اثربازگشتی کوتاه مدت ۷۲ درصد بود.
دنگ و همکاران (۲۰۱۸)	مصرف برق در چین	با استفاده از تابع هزینه ترنسلوگی در دوره ۲۰۱۳-۱۹۹۷، نتایج نشان داد در جنوب غربی و چین مرکزی اثر بازگشتی از ۱۰۰ درصد بالاتراست و در شمال شرقی چین و جنوب چین میانگین سالانه اثر بازگشتی به ترتیب ٦۰/۳۹- درصد و ۸۱/٤۷- درصد است.
جانگ و لینگ (۲۰۲۰)	مصرف برق مسکونی در چین	با بکارگیری مدل خطی پنل و مدل آستانه پنل، در گروه‌های با درآمد بالا و گروه‌های کم درآمد، اثربازگشتی مستقیم به ترتیب ۵۹/۱۵ درصد و ۸۰/۷۹ درصد و در گروه‌های پرجمعیت و کم جمعیت ۱۲۰/۰۹ درصد و ۸۳/۹۱ درصد است.
خوشکلام خسروشاهی و مهدوی (۱۳۹۷)	مصرف انرژی الکتریسیته در ایران	با استفاده از رویکرد آستانه‌ای بر مبنای داده‌های سری زمانی ۱۳۹۵-۱۳۵۷ اثر بازگشتی مستقیم مربوط به برق در بخش خانگی را ۸۱ درصد برآورد نمودند.
دل انگیزان و همکاران (۱۳۹۷)	مصرف سوخت در بخش حمل و نقل استان‌های ایران	برای دوره زمانی ۱۳۹٤-۱۳۸۵ در سه مرحله با استفاده از روش حداقل مربعات کاملا تعمیم یافته و روش داده‌های تابلویی به این نتیجه رسیدند که اثرات بازگشتی روندی همگرا و نزولی داشته است(به طور متوسط ۲/۵۱ تا ۱/۰۹ درصد).
سلیمیان و همکاران (۱۳۹۷)	برق، سوخت‌های فسیلی و نهاده انرژی در صنایع انرژی‌بر	با استفاده از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه با شبیه سازی بهبود کارایی برای تمام بخش‌ها و صنایع انرژی‌بر در دو سناریو، نتایج نشان داد که اثرات بازگشتی در سناریوی تمام بخش‌ها به ترتیب معادل ۷۹ درصد، ۹٤ درصد و ۹۲ درصد است.

منبع: گردآوری محقق

جدول (۱) نشان می‌دهد که در مطالعات خارجی ۱) وجود اثر بازگشتی در مورد منابع مختلف انرژی و با روش‌شناسی‌های مختلفی که این مطالعات داشته‌اند، انکارناپذیر است و ۲) اندازه اثر بازگشتی در مطالعات مختلف، رقم‌های متفاوتی بوده‌اند. وضعیت مشابهی در مطالعات داخلی نیز وجود دارد؛ به طوری که اول، وجود اثر بازگشتی در مورد منابع مختلف

انرژی و با روش‌شناسی‌های مختلفی که این مطالعات داشته‌اند، انکارناپذیر است و دوم، اندازه اثر بازگشتی در مطالعات مختلف، رقم‌های متفاوتی بوده‌اند. همچنین بررسی مطالعات داخلی نشان می‌دهد که در هیچ مطالعه‌ای، «عدم تقارن» در قیمت برق لحاظ نشده است که همین امر جنبه نوآوری مطالعه حاضر را تشکیل می‌دهد.

۳. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها و ارائه مدل

در این پژوهش، مدل اثر بازگشتی بهبود کارایی مصرف انرژی بر تقاضای برق در ایران، با استفاده از روش‌های اقتصاد خرد ارائه می‌شود. جامعه آماری این پژوهش، بخش خانگی اقتصاد ایران و نمونه آماری شامل خانوارهای کل کشور طی سال‌های ۱۳۹۵- ۱۳٤۷ است. تعداد داده‌ها ٤۹ مشاهده برای هر متغیر است. هم‌چنین، برای برآورد اثر بازگشتی مستقیم تقاضای برق در بخش خانگی در کل کشور از لگاریتم برق مصرفی کل کشور (بر حسب میلیون کیلووات ساعت)، لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه (بر حسب هزار نفر/ ریال) و قیمت حقیقی برق (قیمت تجزیه و تحلیل شده) بهره گرفته شده است. داده‌های مربوط به برق مصرفی کل کشور از ترازنامه انرژی وزارت نیرو و گزارش "چهل و هفت سال صنعت برق ایران در آیینه آمار" شرکت مادر تخصصی توانیر، گردآوری شده است. برای حقیقی کردن قیمت برق در بخش خانگی از شاخص آب، برق و گاز بر اساس سال پایه ۱۳۸۳ استفاده شده و داده‌ها مستخرج از سایت بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران است. قیمت حقیقی برق به صورت متوسطی از قیمت آن در بخش‌های مختلف اقتصادی (صنعت، کشاورزی، خانگی و سایر مصارف) در نظر گرفته شده است.

دارگی و گیتلی (۱۹۹۵)[1] برای تمایز بین پاسخ به انواع مختلف تغییر قیمت، قیمت انرژی را به سه مؤلفه تقسیم کرده‌اند: ماکزیمم قیمت تاریخی، $P_{max,t}$ (مثبت و غیرکاهشی)، سری تجمعی قیمت‌های کاهشی[2]، $P_{cut,t}$ (غیرمثبت و کاهشی) و سری تجمعی قیمت‌های افزایش[3] $P_{rec,t}$ (غیرمنفی و غیرکاهشی).

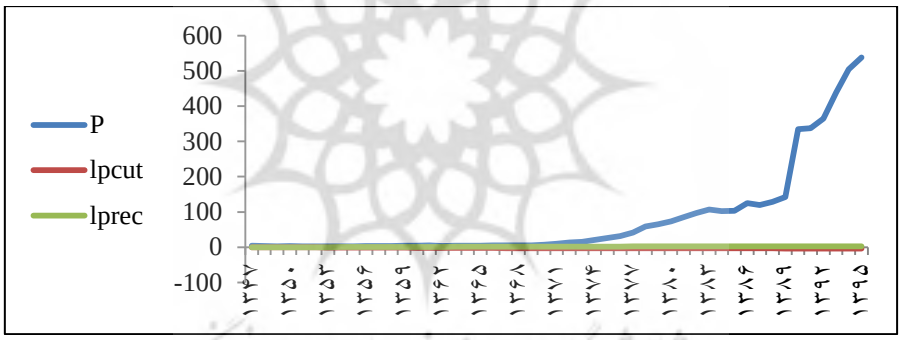
[1] Dargay & Gately
[2] Cumulative Series of Price Cuts
[3] Cumulative Series of Price Recoveries

جدول ۲. تجزیه قیمت برق

تجزیه قیمتی با توجه به مطالعه دارگی و گیتلی (۱۹۹۵)
$lp_t = lp_{max,t} + lp_{rec,t} + lp_{cut,t}$
$lp_{cut,t} = \sum_{i=0}^{i=t} \min\{0, (lp_{max,i-t} - lp_{t-1}) - (lp_{max,i} - lp_i)\}$
$lp_{rec,t} = \sum_{i=0}^{i=t} \max\{0, (lp_{max,i-1} - lp_{t-1}) - (lp_{max,i} - lp_i)\}$

منبع: Dargay & Gately (1995)

در ادامه، نمودار (۳) تجزیه قیمت برق در بخش خانگی را نشان می‌دهد.



نمودار ۳. روند اجرای تجزیه شده قیمت برق (ریال/ کیلووات ساعت)

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به نبودن و یا محدودیت داده‌ها در ایران، برای به دست آوردن میزان اثر بازگشتی مستقیم در این پژوهش از روش کشش قیمتی تقاضا برای برق استفاده می‌شود. در این پژوهش، ساختار مدل، تک معادله‌ای است و نوع داده سری زمانی است که سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۴۷ را پوشش می‌دهد. فرم تبعی مدل، لگاریتمی مضاعف[1] (لگاریتم از دو سو) است. در این

[1] Double-log

تحقیق، مدلی که باید برای برآورد تقاضای برق مصرفی در بخش خانگی عرضه می‌شود به صورت زیر است.

$$lq_t = \beta_0 + \beta_1 lgdp_t + \beta_2 lp_{cut,t} + \beta_3 lp_{rec,t} + e_t \qquad (۵)$$

به طوری که lq_t لگاریتم کل مصرف برق بخش خانگی در سال t، $lgdp_t$ لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه به قیمت ثابت ۱۳۸۳ در سال t، $lp_{cut,t}$ سری تجمعی قیمت کاهشی (لگاریتم قیمت شکسته شده در سال t)، $lp_{rec,t}$ سری تجمعی قیمت افزایشی (لگاریتم قیمت بازگشتی در سالt). پارامترهای β_1 تا β_3 به ترتیب، نشان‌دهنده کشش مصرف برق نسبت به $lgdp_t$ و $lp_{cut,t}$ و $lp_{rec,t}$ هستند. برای برآورد مدل از روش حداقل مربعات معمولی (OLS) استفاده شده است. این روش به دلیل خواص آماری خود از قوی‌ترین و مشهورترین روش‌های تحلیل رگرسیون محسوب می‌شود. روش OLS نیازمند هیچ گونه شرطی بر جمله اخلال برای برآورد ضرایب نیست؛ اما به دلیل این که استنتاج آماری روی ضرایب امکان‌پذیر باشد و ضرایب برآورد شده از آن بدون تورش باشند، برقراری فروض کلاسیک الزامی است (گجراتی، ۱۳۸۵).

٤. یافته‌ها

قبل از تبیین نتایج مربوط به خروجی‌های مدل مورد برآورد، اشاره‌ای به نتایج مربوط به آزمون‌های مختلف می‌شود. نتایج مربوط به آزمون ریشه واحد نشان می‌دهد که همه متغیرهای تحقیق مانا از درجه یک هستند؛ لذا بدون هرگونه نگرانی از رگرسیون کاذب، می‌توان با پرداختن به رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرها، به بررسی رابطه تعادلی بلندت‌مدت متغیرها پرداخت. نتایج مربوط به آزمون هم‌انباشتگی یوهانسن-یوسیلیوس نشان می‌دهد هم انباشتگی بین متغیرهای مورد بررسی در تحقیق مورد تأیید است که وجود بردار هم انباشتگی میان متغیرها بیان‌کننده رابطه بلندمدت بین آنهاست.

٤-١. خروجی مدل

در این قسمت نتایج مربوط به برآورد اثر بازگشتی مستقیم ناشی از بهبود کارایی در مصرف

برق آورده شده‌اند. جدول (۳) نتایج حاصل از برآورد مدل ارائه شده (رابطه۵) را نشان می‌دهد.

جدول ۳. نتایج برآورد مدل

متغیر	ضریب	انحراف استاندارد	آماره t	سطح احتمال
$lgdp_t$	۰/٤٦	۰/۱۳۲	۳/٤۹۳	۰/۰۰۱
$lp_{cut,t}$	−۰/٤۳	۰/۰٦۱	−۷/۰۹۰	۰/۰۰۰
$lp_{rec,t}$	۰/٥٦	۰/۰۷۰	۷/۹۸۱	۰/۰۰۰
	۱/۸٤	DW	۰/۷۲	R^2
	۰/۰۰	Prop (F-statistic)	۳۸/۰۰۳	F-statistic

منبع: نتایج تحقیق

انحراف استاندارد تخمین‌زن‌ها، اعداد کوچکی را گزارش می‌دهد و این امر حاکی از آن است که قابلیت اعتماد به ضرایب برآوردی بالا است. سطح احتمال هر یک از متغیرهای $lgdp_t$، $lp_{cut,t}$ و $lp_{rec,t}$ برابر با صفر می‌باشد؛ لذا همه این متغیرها از نظر آماری معنادار هستند. R-squared برابر با ۰/۷۲ است که بیانگر این است که ۷۲ درصد از تغییرات مربوط به متغیر وابسته که همان مصرف برق است، توسط متغیرهای مستقل مدل توضیح داده می‌شود؛ لذا بیانگر برخورداری مدل از یک برازش خوب است. همچنین $adj.\bar{R}^2$ برابر با ۰/۷۰ است. از معیارهای انتخاب مدل خوب، آماره دوربین – واتسون می‌باشد که برابر با ۱/۸٤ به دست آمده است. آماره F، ۳۸ و احتمال مربوط به آن ۰/۰۰ گزارش شد که نشان از معناداری کل رگرسیون است. هر یک از متغیرهای مدل به صورت لگاریتمی آورده شده است؛ لذا هر یک از ضرایب بیانگر کشش می‌باشند. نتایج نشان داد که ضریب لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه ($lgdp_t$) که همان کشش درآمدی است معنادار و مثبت و مساوی ۰/٤٦ درصد می‌باشد و نشان‌دهنده این است که هنگامی که درآمد تولید ناخالص داخلی سرانه به طور متوسط یک درصد افزایش یابد، آنگاه مصرف برق بخش خانگی به طور متوسط ۰/٤٦ درصد افزایش خواهد یافت. البته کشش درآمدی کم‌تر از یک نشان‌دهنده این است که برق برای بخش

خانگی کالای ضروری محسوب می‌شود. تأثیری که تغییرات در قیمت برق ($lp_{cut,t}$) بر مصرف برق خانگی دارد، معنادار و منفی است. این ضریب برابر ۰/٤۳- برآورد شد و بدین معناست که در صورتی که قیمت برق ($lp_{cut,t}$) یک درصد کاهش یابد، آنگاه متوسط مصرف برق خانگی معادل ۰/٤۳ درصد افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، با توجه به رابطه(٤)، $-\eta_{P_E}(E)$ به عنوان اندازه اثر بازگشتی شناخته می‌شود؛ لذا در بخش خانگی ایران اثر بازگشتی مستقیم مربوط به مصرف برق به طور متوسط برابر با ٤۳ درصد است. نتایج، وجود اثر بازگشتی مستقیم ناشی از مصرف برق در بخش خانگی ایران را تأیید می‌کند؛ به گونه‌ای که بر اساس ضریب برآورد شده، در بخش خانگی ایران به دلیل تعدیل‌های رفتاری خانوارها، ٤۳ درصد از ذخیره انتظاری در مصرف برق ناشی از بهبود در کارایی مصرف برق، رخ نداده است. ضمنا از آنجا که برآورد اثر بازگشتی کم‌تر از ۱۰۰ درصد است، در بخش خانگی ایران اثر معکوس وجود ندارد.

با توجه به نتایج به دست آمده و ضرایب برآوردی برای متغیرهای $lp_{cut,t}$ و $lp_{rec,t}$، می‌توان از روشی که در مقالات متعدد از جمله دارگی و گیتلی (۱۹۹۵) مورد استفاده قرار گرفته است، جهت بررسی تقارن یا عدم تقارن اثر قیمت برق بر تقاضای برق در بخش خانگی بهره گرفت. در صورت تساوی ضرایب این دو متغیر ($lp_{rec,t}$ و $lp_{cut,t}$)، می‌توان نتیجه گرفت که واکنش تقاضای برق نسبت به تغییراتی که در قیمت آن رخ می‌دهد، متقارن است. ضریب برآوردی برای $lp_{rec,t}$ و $lp_{cut,t}$ به ترتیب، ۰/٥٦ و ۰/٤۳- می‌باشد. ضریب $lp_{rec,t}$ بزرگتر است و لذا اثر بیش‌تری بر مصرف برق خواهد گذاشت و مصرف‌کننده بیش‌تر به افزایش قیمت حساس است و به کاهش قیمت کم‌تر واکنش نشان می‌دهد. به این ترتیب اثر قیمت افزایشی برق بر تقاضای آن بیش‌تر از اثر قیمت کاهشی است. بنابراین، تأثیر تغییرات قیمت بر تقاضای برق در بخش خانگی ایران متقارن نبوده و در حالت‌های افزایش و کاهش قیمت برق، مصرف‌کننده برق رفتارهایی از خود بروز می‌دهد که به طور آشکار با تابع تقاضا ناسازگار است.

٤-٢. اعتبارسنجی مدل

در این بخش از مقاله، اعتبارسنجی مدل تبیین می‌شود که مشتمل بر آزمون نرمال بودن جملات خطا، آزمون خودهم‌بستگی LM، آزمون واریانس هم‌سانی و آزمون شناسایی هم‌خطی است. نتایج آزمون نرمال بودن جملات خطا نشان می‌دهند که چولگی برابر با ۰/۱٤٥۲، کشیدگی برابر با ۲/۲۳۸۳، آماره جارک- برا برابر با ۱/۳۰۱۲ و احتمال آماره جارک- برا برابر با ۰/۵۲ می‌باشد. لذا نتیجه می‌شود که توزیع جملات پسماند نرمال است. نتایج آزمون خودهم‌بستگی LM نشان می‌دهند که احتمال آماره F برابر ۰/۹۵۱۱ و احتمال obs*R-squared برابر با ۰/۹٤٤۲ است که مقادیر این احتمالات از ۰/۰۵ بیش‌تر است؛ لذا می‌توان نتیجه گرفت که فرضیه H_0 نقض نشده است و خود هم‌بستگی هم وجود ندارد. نتایج آزمون واریانس همسانی نشان می‌دهد که احتمال آماره F برابر با ۰/٤۹۰٥ می‌باشد و از طرفی احتمال obs*R-squared برابر با ۰/٤٤۹٥ است و از آنجایی که مقادیر این احتمالات از ۰/۰۵ بیشتر است، نتیجه گرفته می‌شود که ناهمسانی واریانس وجود ندارد. نتایج آزمون شناسایی خطی نیز نشان می‌دهند که مقدار Centered VIF برای متغیرهای $lgdp_t$، $lp_{cut,t}$ و $lp_{rec,t}$ به ترتیب، ۱/۱۸۳۱، ۱/۰۰۲۵ و ۱/۱۸۰۸ است و از آنجا که این مقادیر به یک نزدیک هستند، نشان‌دهنده عدم وجود هم‌خطی است.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به رشد روزافزون مصرف برق در بخش‌های مختلف به ویژه بخش خانگی ایران و نقش مهمی که انرژی الکتریسیته در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران از جمله بخش خانگی دارد، به کارگیری سیاست‌هایی برای صرفه‌جویی در مصرف برق بخش خانگی ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به اینکه روش‌های قیمتی و غیرقیمتی برای مدیریت مصرف برق وجود دارد، این مقاله بر صرفه‌جویی در مصرف برق خانگی از طریق بهبود کارایی وسایل مصرف‌کننده برق خانگی متمرکز شد. با توجه به ادبیات اقتصاد انرژی، بهبود کارایی انرژی توام با شکل‌گیری اثر بازگشتی است که می‌تواند بخشی از ذخیره انتظاری انرژی ناشی از بهبود کارایی را خنثی کند؛ از این‌رو تلاش شد اثر بازگشتی ناشی از بهبود کارایی در وسایل مصرف‌کننده برق در بخش خانگی کشور برآورد شود؛ زیرا عدم توجه به اثر بازگشتی می‌تواند

منجر به شکست سیاست صرفه‌جویی انرژی از طریق بهبود کارایی شود. نوآوری مطالعه حاضر مربوط به لحاظ عدم تقارن در قیمت برق خانگی (مبتنی بر مطالعه دارگی و گیتلی) است که در هیچ کدام از مطالعات قبلی از این روش بهره گرفته نشده است.

نتایج نشان داد کشش قیمتی تقاضای برق در بخش خانگی ایران در بلندمدت ۰/٤۳- است؛ یعنی، مصرف برق در بخش خانگی ایران دارای اثر بازگشتی با مقدار ۰/٤۳ (٤۳ درصد) است. عدد ۰/٤۳ به این معنای که با ارتقای ده درصدی تکنولوژی لوازم و تجهیزات خانگی، ٤/۳ درصد از ذخیره انتظاری ناشی از بهبود کارایی مصرف برق رخ نداده و در قالب اثر بازگشتی ظهور و بروز می‌یابد و صرفاً ۵/۷ درصد از ذخیره انتظاری در مصرف برق محقق می‌شود. با توجه به اینکه ضرایب برآوردی برای $lp_{rec,t}$ و $lp_{cut,t}$ به ترتیب ۰/٥٦ و ۰/٤۳- هستند؛ لذا ضریب $lp_{rec,t}$ بزرگ‌تر بوده و اثر بیش‌تری بر مصرف برق دارد. بنابراین، مصرف‌کننده برق در بخش خانگی به افزایش قیمت برق نسبت به کاهش قیمت واکنش بیشتری نشان می‌دهد از این‌رو، قابل استنباط است که تأثیر قیمت برق بر مصرف برق در بخش خانگی ایران نامتقارن است.

نتایج مطالعه حاضر می‌تواند به لحاظ توجه به وجود اثر بازگشتی ناشی از بهبود کارایی، یاری‌رسان برنامه‌ریزان و مدیران باشد. هم‌چنین، این نتایج می‌تواند به برنامه‌ریزان کمک کند که بیش‌برآوردی از صرفه‌جویی برق ناشی از سیاست‌های ارتقای کارایی مصرف برق نداشته باشند. اگر برآورد صحیحی از میزان صرفه‌جویی مصرف برق در نتیجه ارتقای کارایی وجود نداشته باشد، سبب می‌شود که صرفه‌جویی واقعی برق با نتایجی که مدنظر سیاست‌گذاران است، اختلاف داشته و منجر به اتلاف منابع خواهد شد.

منابع

- اسدی، علیرضا (۱۳۹۳). آینده‌نگری صنعت برق ایران. مرکز مطالعات و بررسی‌های اقتصادی اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران.
- اصلانی، زهرا، ازکیا، مصطفی و زنجانی، حبیب اله (۱۳۹٦). بررسی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی (برق) خانوارهای شهری با رهیافت نظریه‌بنیانی (مورد مطالعه: منطقه ۵ شهر تهران). *فصلنامه برنامه‌ریزی رفاه و توسعه اجتماعی*، ۹ (۳٤): ۳۳-۱.
- اسماعیل‌نیا، علی اصغر و اختیاری نیکجه، سارا (۱۳۹۱). بررسی میزان اثرات بازگشتی بهبود راندمان خودروها بر مصرف سوخت. *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۹ (۳٤): ۲۱۳-۱۸۵.
- اسدی، علیرضا و آئین، سهیل (۱۳۹۷). بررسی مسائل کلیدی و مشکلات مالی صنعت برق و اصلاحات مورد نیاز. معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی، دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن، شماره مسلسل ١٦٢٣٦.
- تقوی‌نژاد، احسان (۱۳۸۱). بررسی عدم تقارن تابع تقاضای نفت (گروه هفت اکو). *پژوهشنامه اقتصادی*، ۲ (٤): ۳۷-٦۸.
- ترازنامه انرژی سال‌های مختلف.
- دل‌انگیزان، سهراب، خانزادی، آزاد و حیدریان، مریم (۱۳۹۷). محاسبه اثرات بازگشتی مستقیم Co2 ناشی از بهبود کارایی مصرف سوخت در بخش حمل و نقل استان‌های ایران، *تحقیقات اقتصادی*، ۵۳ (٤): ۸۰۵-۸۲۸.
- کریمی، فروغ (۱۳۹٦). چشم‌انداز انرژی تا سال ۲۰۳۵. معاونت بررسی‌های اقتصادی، اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران.
- چهل و هفت سال صنعت برق ایران در آیینه آمار (۱۳۹۲-۱۳٤٦). شرکت مادر تخصصی توانیر، مهرماه ۱۳۹۳.
- خوشکلام خسروشاهی، موسی و مهدوی، روح اله (۱۳۹۷). تخمین اثر بازگشتی ناشی از مصرف انرژی الکتریسیته در ایران: رویکرد آستانه‌ای. *فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۵ (٤): ۱۷۳-۱۹٦.

- گجراتی، دامودار (۱۳۸۵). مبانی اقتصاد سنجی. ترجمه حمید ابریشمی، جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران.
- سلیمیان، زهره، بزازان، فاطمه و موسوی، میرحسین (۱۳۹۷). اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی برق، سوخت‌های فسیلی و نهاده انرژی در صنایع انرژی بر: رویکرد تعادل عمومی قابل محاسبه، *تحقیقات اقتصادی*، ۵۳ (٤): ۸۵۵-۸۸۰
- مروری بر ۲۸ سال آمار انرژی کشور (١٣٩٤-١٣٦٧). معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی و اقتصاد کلان برق و انرژی، تابستان ١٣٩٦.
- نقیبی، محمد و خدابخش، مهدی (۱۳۹۵). بررسی اثر آزادسازی قیمت برق در تابع تقاضای برق در بخش خانگی استان آذربایجان غربی. *سومین کنفرانس بین المللی پژوهش‌های نوین در مدیریت*، اقتصاد و علوم انسانی- باتومی گرجستان.
- Amjadi, G., Lundgren, T., & Persson, L. (2018). The rebound effect in Swedish heavy industry. *Energy Economics*. 71(C): 140-148.
- Berkhout, P. H., Muskens, J. C., & Velthuijsen, J. W. (2000). Defining the rebound effect. *Energy policy*. *28*(6-7): 425-432.
- Deng, C., Li, K., Peng, C., & Han, F. (2018). Analysis of technological progress and input prices on electricity consumption: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*. 196(C): 1390-1406.
- Dargay, J., & Gately, D. (1995). The imperfect price reversibility of non-transport oil demand in the OECD. *Energy Economics*. 17(1): 59-71.
- Freire-González, J. (2017). Evidence of direct and indirect rebound effect in households in EU-27 countries. *Energy Policy*. 102(C): 270-276.
- Greening, L., Greene, D. and Difiglio, C. (2000). Energy Effeciency and Consumption - the Rebound Effect - A Survey, *Energy Policy*. 28: 389-401.
- Gang, Z., & Ling, L. (2020). Is the energy efficiency improvement conducive to the saving of residential electricity consumption in China?. *Journal of Cleaner Production*. 249(C): 1-11.
- Ibrahiem, D. M. (2015). Renewable electricity consumption, foreign direct investment and economic growth in Egypt: An ARDL approach. *Procedia Economics and Finance*. 30(C): 313-323.
- Jin, S. H. (2007). The effectiveness of energy efficiency improvement in a developing country: Rebound effect of residential electricity use in South Korea. *Energy policy*. *35*(11): 5622-5629.

- Lean, H. H., & Smyth, R. (2010). Co2 emission, electricity consumption and output in ASEAN. *Applied Energy*. 87(6): 1858-1864.
- Orea, L., Llorca, M., & Filippini, M. (2015). A new approach to measuring the rebound effect associated to energy efficiency improvements: An application to the US residential energy demand. *Energy economics*. 49(C): 599-609.
- Seebauer, S. (2018). The psychology of rebound effects: explaining energy efficiency rebound behaviours with electric vehicles and building insulation in Austria. *Energy research & social science*. 46(C): 311-320.
- Sorrell, S., & Dimitropoulos, J. (2008). The rebound effect: Microeconomic definitions, limitations and extensions. *Ecological Economics*. *65*(3): 636-649.
- Wei, T., & Liu, Y. (2017). Estimation of global rebound effect caused by energy efficiency improvement. *Energy Economics*. 66(C): 27-34.
- Wang, Z., Lu, M., & Wang, J. C. (2014). Direct rebound effect on urban residential electricity use: an empirical study in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 30(C): 124-132.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی